ÜBER DIE ERNÄHRUNG GRÜNER PFLANZENZELLEN MIT GLYCERIN.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DER

PHILOSOPHISCHEN DOCTORWÜRDE

VORGELEGT DER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FACULTÄT

DER

UNIVERSITÄT ERLANGEN

VON

EUGEN ASSFAHL

AUS SCHW. HALL.

STUTTGART.

DRUCK VON A. BONZ' ERBEN.

1893.

ÜBER DIE ERNÄHRUNG GRÜNER PFLANZENZELLEN MIT GLYCERIN.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR ERLANGUNG DER

PHILOSOPHISCHEN DOCTORWÜRDE

VORGELEGT DER

HOHEN PHILOSOPHISCHEN FACULTÄT

DER

UNIVERSITÄT ERLANGEN

VON

EUGEN ASSFAHL

AUS SCHW. HALL.

STUTTGART.

DRUCK VON A. BONZ' ERBEN.

1893.

Druck von A. Bonz' Erben in Stuttgart.

Die organische Substanz einer unter normalen Verhältnissen befindlichen chlorophyllhaltigen Pflanze wird gebildet durch die Zersetzung der Kohlensäure im Chlorophyllapparat.

Nur die Pflanzen, welche Chlorophyll enthalten, vermögen zu assimilieren, diejenigen, welchen dieser Körper fehlt, wie alle Pilze, können aus Kohlensäure und Wasser keine organische Substanz produzieren, zu ihrer Ernährung müssen dieselben organische Stoffe aufnehmen.

Das Verdienst der Entdeckung der Kohlensäurezersetzung gebührt Ingenhouss. Derselbe sagt in seinem kleinen Buche über „Ernährung der Pflanzen und Fruchtbarkeit des Bodens“:

„Es scheint mehr als wahrscheinlich, dass die Gewächse ihre Hauptnahrung von der Zersetzung und der Erzeugung der fixen Luft oder des kohlensauren Gases hernehmen.“

„Ob es gleich nicht zweifelhaft ist, dass die Vegetation einen grossen Teil ihrer Nahrung durch die Wurzeln einziehe, so glaube ich doch, dass das grösste Geschäft der Ernährung durch die Blätter in der Atmosphäre geschieht.“

A. F. W. Schimper und J. Böhm nehmen an, dass der Stärkebildung die Glycosebildung vorausgehe, welche Bildung sich chemisch auch erklären lässt, indem Stärke das Anhydrid von Glycose ist:

$$C_6H_{12}O_6 - H_2O = C_6H_{10}O_5.$$

Im Jahre 1870 erklärte A. v. Bayer den chemischen Vorgang der Assimilation folgendermassen:

„Wenn Sonnenlicht Chlorophyll trifft, welches mit Kohlensäure umgeben ist, so scheint die Kohlensäure dieselbe Dissociation wie in höherer Temperatur zu erleiden, es entweicht Sauerstoff, und Kohlenoxyd bleibt mit dem Chlorophyll verbunden. Die einfachste Reduktion des Kohlenoxyds ist die zum Aldehyd der Ameisensäure, es braucht nur Wasserstoff aufzunehmen:

$$CO + H_2 = HCOH,$$

und dieser Aldehyd kann sich unter dem Einfluss des Zelleninhalts ebenso wie durch Alkalien in Zucker verwandeln.“ [1])

Zum Beweise der Bayerschen Hypothese wurden Versuche über die Verwendbarkeit des Formaldehyds angestellt. Zuerst stellte Butlerow aus Formaldehyd

[1]) Ber. d. d. chem. Ges. p. 67.

durch Contact mit Kalkwasser bei Kochhitze einen zuckerähnlichen Stoff dar.

O. Loew gelang es, durch ein besseres Verfahren wirklichen Zucker zu erhalten. Th. Bokorny zeigte dann, dass die Chlorophyllapparate aus Formaldehyd Stärke zu bilden vermögen, wenn er in geeigneter Form dargeboten wird.[1])

Dass auch grüne Pflanzen aus Glycerin Stärke bilden können, ist noch nicht sehr lange bekannt, während die Brauchbarkeit des Glycerins zur Pilzernährung längst bewiesen ist. Arthur Meyer und E. Laurent fanden Stärkebildung aus Glycerin im Jahre 1886. Arthur Meyer erhielt einen Erfolg mit den Blättern von Cacalia suaveolens.[2]) E. Laurent konnte in ausgehungerten Kartoffeltrieben im Dunkeln Stärkebildung konstatieren.[3])

Th. Bokorny experimentierte in seinen Hauptversuchen mit der Alge Spirogyra und fand, dass dieselbe unter günstigen Umständen innerhalb 2 Stunden Stärke bildete.[4])

Glycerin ist ein dreiwertiger Alkohol

$$\begin{array}{l} CH_2 \,.\, OH \\ | \\ CH \,.\, OH \\ | \\ CH_2 \,.\, OH. \end{array}$$

Damit aus Glycerin Kohlehydrat entsteht, müssen

---

[1]) Landw. Jahrb. 1892.

[2]) Bot. Ztg. 1886 p. 81—151.

[3]) E. Laurent, Recherches expérimentales sur la formation d'amidon dans les plantes aux dépens de solutions organiques.

[4]) Th. Bokorny, Studien und Experimente über den chemischen Vorgang der Assimilation p. 32.

auf 3 C-Atome 2 Wasserstoffatome wegoxydiert und muss die dreigliedrige Kohlenstoffkette zu einer sechsgliedrigen werden.

$$\left.\begin{array}{l}\left.\begin{array}{l}CH_2 \cdot OH\\ CH \cdot OH\\ CH_2 \cdot OH\end{array}\right\} -H_2\\ \left.\begin{array}{l}CH_2 \cdot OH\\ CH \cdot OH\\ CH_2 \cdot OH\end{array}\right\} -H_2\end{array}\right\} = C_6H_{12}O_6$$

Methode der Untersuchung.

Die Versuche wurden an einer Reihe von Pflanzenkulturen in Nährstofflösungen vollzogen, und zwar kam einerseits eine Lösung in Anwendung, die alle die Salze enthielt, die sich zur Ernährung einer Pflanze als notwendig erwiesen haben, andererseits wurde mit einer Lösung experimentiert, die ausserdem noch einen bestimmten procentischen Glycerinzusatz hatte.

Die mineralische Salzlösung, welche mit ausgekochtem und unter Luftabschluss rasch abgekühltem Wasser hergestellt war, enthielt die Salze in einer Quantität, die sich bei pflanzenphysiologischen Ernährungsversuchen als zweckmässig erwiesen hat.

Die Lösungen waren:

I.	$Ca(NO_3)_2$	0,05 %
	$MgSO_4$	0,02 %
	NaH_2PO_4	0,01 %
	$FeCl_3$	Spuren
	Summe:	0,08 %.

II.	Glyerin	0,1 %
	$Ca(NO_3)_2$	0,05 %
	$MgSO_4$	0,02 %
	NaH_2PO_4	0,01 %
	$FeCl_3$	Spuren
	Summe:	0,18 %.

III.	Glycerin	0,2 %
	$Ca(NO_3)_2$	0,05 %
	$MgSO_4$	0,02 %
	NaH_2PO_4	0,01 %
	$FeCl_3$	Spuren
	Summe:	0,28 %.

IV.	Glycerin	0,5 %
	$Ca(NO_3)_2$	0,05 %
	$MgSO_4$	0,02 %
	NaH_2PO_4	0,01 %
	$FeCl_3$	Spuren
	Summe:	0,58 %.

V.	$Ca(NO_3)_2$	0,02 %
	$MgSO_4$	0,02 %
	KH_2PO_4	0,02 %
	$FeCl_3$	Spuren
	Summe:	0,06 %.

VI.	Glycerin	0,2 %
	$Ca(NO_3)_2$	0,02 %
	$MgSO_4$	0,02 %
	KH_2PO_4	0,02 %
	$FeCl_3$	Spuren
	Summe:	0,26 %.

VII.	Glycerin	0,5 %
	$Ca(NO_3)_2$	0,02 %
	$MgSO_4$	0,02 %
	KH_2PO_4	0,02 %
	$FeCl_3$	Spuren
	Summe:	0,56 %.

VIII.	$Ca(NO_3)_2$	0,02 %
	$MgSO_4$	0,02 %
	KH_2PO_4	0,25 %
	$FeCl_3$	Spuren
	Summe:	0,29 %.

IX.	Glycerin	0,2 %
	$Ca(NO_3)_2$	0,02 %
	$MgSO_4$	0,02 %
	KH_2PO_4	0,25 %
	$FeCl_3$	Spuren
	Summe:	0,49 %.

X.	Glycerin	0,5 %
	$Ca(NO_3)_2$	0,02 %
	$MgSO_4$	0,02 %
	KH_2PO_4	0,25 %
	$FeCl_3$	Spuren
	Summe:	0,79 %.

XI.	$Ca(NO_3)_2$	0,02 %
	$MgSO_4$	0,02 %
	KCl	0,25 %
	$FeCl_3$	Spuren
	Summe:	0,29 %.

XII.	Glycerin	0,2 %
	$Ca(NO_3)_2$	0,02 %
	$MgSO_4$	0,02 %
	KCl	0,25 %
	$FeCl_3$	Spuren
	Summe:	0,49 %.

XIII.	Glycerin	0,5 %
	$Ca(NO_3)_2$	0,02 %
	$MgSO_4$	0,02 %
	KCl	0,25 %
	$FeCl_3$	Spuren
	Summe:	0,79 %.

XIV.	$Ca(NO_3)_2$	0,02 %
	$MgSO_4$	0,02 %
	NaCl	0,25 %
	$FeCl_3$	Spuren
	Summe:	0,29 %.

XV.	Glycerin	0,2 %
	$Ca(NO_3)_2$	0,02 %
	$MgSO_4$	0,02 %
	NaCl	0,25 %
	$FeCl_3$	Spuren
	Summe:	0,49 %.

XVI.	Glycerin	0,5 %
	$Ca(NO_3)_2$	0,02 %
	$MgSO_4$	0,02 %
	NaCl	0,25 %
	$FeCl_3$	Spuren
	Summe:	0,79 %.

XVII.	KH_2PO_4	0,05	%
XVIII.	NaH_2PO_4	0,05	%
XIX.	Glycerin	0,2	%
	KH_2PO_4	0,25	%
	Summe:	0,45	%.
XX.	Glycerin	0,2	%
	NaH_2PO_4	0,25	%
	Summe:	0,45	%.
XXI.	Glycerin	0,2	%
	NaCl	0,25	%
	Summe:	0,45	%.
XXII.	Glycerin	0,2	%
	KCl	0,25	%
	Summe:	0,45	%.
XXIII.	Glycerin	0,001	%.
XXIV.	Glycerin	0,005	%.
XXV.	Glycerin	0,01	%.
XXVI.	Glycerin	0,1	%.
XXVII.	Glycerin	0,2	%.
XXVIII.	Glycerin	0,5	%.
XXIX.	Glycerin	1,0	%.
XXX.	Glycerin	2,0	%.
XXXI.	Glycerin	5,0	%.
XXXII.	Glycerin	10,0	%.

Durch Versuche mit solchen Lösungen, welche bei den Wasserkulturen täglich gewechselt wurden, damit sich keine Pilze einstellten, unternahm ich die Beantwortung folgender Fragen auf experimentellem Wege:

I. Welches sind die geeignetsten Concentrationen?
II. Bei welcher Verdünnung ist noch ein ernährender Einfluss zu bemerken?
III. Bis zu welcher Concentration wird wässrige Glycerinlösung ertragen?
IV. Nach welcher Zeit tritt Stärke beziehungsweise Fett oder ein sonstiges organisches Produkt in den Zellen auf?
V. Hat Kalium An- oder Abwesenheit irgend einen Einfluss auf die Umwandlung des Glycerins in Stärke?

Versuche an folgenden Algen wurden gemacht:

Spirogyra, Zygnema, Oscillaria, Cladophora, Chara, Hydrodictyum;

ferner an folgenden Phanerogamen:

Phaseolus multiflorus, Zea Mais,

und an den submersen Wasserpflanzen:

Elodea und Callitriche.

Versuche mit Phaseolus multiflorus.

Es wurden am 18. Mai eine Anzahl Samen von Phaseolus multiflorus in Wasser eingequellt, und dieses Einquellwasser täglich solange erneuert, bis das Würzel-

chen eine Länge von 1—2 cm hatte. Die Pflänzchen wurden dann in ein mit Wasser gefülltes Gefäss, welches mit Gaze überspannt war, so gesetzt, dass die Würzelchen in die Maschen der Gaze gesteckt wurden. Sämtliche Teile der Pflänzchen zeigten ein normales Wachstum. Als nach ungefähr 10 Tagen das epicotyle Glied 4 cm lang geworden war, wurden zehn Pflänzchen in zehn, je 500 cm Wasser enthaltende Glasflaschen gebracht, die mit durchbohrtem Kork verschlossen und mit schwarzem Papier umhüllt waren. Diese zehn Kulturen wurden in fünf Reihen geordnet.

I. Reihe: zwei Exemplare mit Nährlösung V;
II. Reihe: „ „ „ „ VI;
III. Reihe: „ „ „ „ VII;
IV. Reihe: „ „ „ „ VIII;
V. Reihe: „ „ „ „ X;

Einzeldarstellung der Resultate mit Phaseolus multiflorus.

Befund am 13. Juni, nach 26 Tagen.

I. Reihe (mit Lösung V).

Makroskopischer Befund.

Gesamtlänge des Stengels . . . . . 85 cm
Hypocotyles Glied . . . . . 8 cm lang
Hauptwurzel gesund . . . . . 18 cm lang
Seitenwurzeln zahlreich.

	Stiellänge:	Länge und Breite der Lamina.
1. und 2. Blatt, Primordialblätter	5,3 cm	8,3 — 5,8 cm
1. Internodium	3,7 cm lang	

	Stiellänge:	Länge und Breite der Lamina:
3. und 4. Blatt	10 cm	4,5 — 7 cm
2. Internodium 6 cm lang		
5. Blatt	5 cm	8 — 4 cm
6. Blatt	2 cm	5 — 2,5 cm
3. Internodium 13 cm lang		
7. Blatt noch nicht entfaltet.		

Mikroskopischer und mikrochemischer Befund.

Die mikroskopische Ermittlung der Stärkekörner geschah mittelst Querschnitten durch die Hauptwurzel, die Seitenwurzeln, den Stengel c. 5 mm über den Cotyledonen und durch den Stengel der verschiedenen Internodien.

Querschnitt:	Stärkegehalt:
Durch die Hauptwurzel	wenig im Markparenchym
durch die Seitenwurzeln	wenig im Mark
durch den Stengel direkt epicotyl	wenig in den Markstrahlen
durch den Stengel im 1. Internodium	wenig im Mark
durch den Stengel des 2. Internodiums	sehr wenig im Mark
durch den Stengel des 3. Internodiums	kein
durch den Blattstiel	kein.

II. Reihe (mit Lösung VI).

Makroskopischer Befund.

Gesamtlänge des Stengels	55	cm
Hypocotyles Glied	7	cm lang

Hauptwurzel 2,2 cm lang
kränkelnd, nicht sehr zahlreiche Seitenwurzeln.

	Stiellänge:	Länge und Breite der Lamina.
1. und 2. Blatt, Primordialblätter	4 cm	7 — 5,9 cm
1. Internodium 3,3 cm lang		
3. Blatt	7 cm	8,2 — 5 cm
2. Internodium 5 cm lang		
4. Blatt	5 cm	7 — 3,8 cm
3. Internodium 4 cm lang		
5. Blatt noch nicht entwickelt.		

Mikroskopischer und mikrochemischer Befund.

Querschnitt:	Stärkegehalt:
Durch die Hauptwurzel	wenig im Mark
durch die Seitenwurzeln	sehr wenig im Mark
durch den Stengel, direkt epicotyl	massenhaft im Mark, den Markstrahlen und den Gefässbündeln
durch den Stengel des 1. Internodiums	ziemlich im Markparenchym
durch den Stengel des 2. Internodiums	wenig in den Markstrahlen
durch den Stengel des 3. Internodiums	wenig in den Markstrahlen
durch den Blattstiel	sehr wenig im Markparenchym.

III. Reihe (mit Lösung VII).

Makroskopischer Befund.

Gesamtlänge des Stengels 11 cm
Hypocotyles Glied 2 cm lang

Hauptwurzel erkrankt 1,8 cm lang
Seitenwurzeln gleichfalls erkrankt.

	Stiellänge:	Länge und Breite der Lamina:
1. und 2. Blatt Primordialblätter	3 cm	4,3 — 5 cm
1. Internodium 5 cm lang		
3. Blatt	2 cm	4,5 — 3,3 cm
2. Internodium 4 cm lang		
4. Blatt noch nicht entwickelt.		

Mikroskopischer und mikrochemischer Befund.

Querschnitt:	Stärkegehalt:
Durch die Hauptwurzel	im Markcentrum sehr viel, an der Peripherie des Markes bedeutend
durch die Seitenwurzeln	viel im Markcentrum
durch den Stengel, direkt epicotyl	viel in den Gefässbündeln
durch den Stengel zwischen dem 1. Internodium und Wurzel	in der sekundären Rinde ziemlich bedeutend
durch das 2. Internodium	deutliche Spuren in der sekundären Rinde und den Markstrahlen
durch den Blattstiel des ersten Blattes	in den Gefässbündeln und zwischen denselben ziemlich bedeutend.

IV. Reihe (mit Lösung VIII).

Makroskopischer Befund.

Gesamtlänge des Stengels 70 cm
Hypocotyles Glied 12 cm lang
Hauptwurzel 9 cm lang
Seitenwurzeln zahlreich.

	Stiellänge:	Länge und Breite der Lamina:
1. und 2. Blatt Primordialblätter	5,5 cm	8,7 — 6 cm
1. Internodium 4,3 cm lang		
3. und 4. Blatt	11 cm	11,5 – 6,5 cm
2. Internodium 8,4 cm lang		
5. Blatt	7 cm	11 — 7 cm
3. Internodium 10 cm lang		
6. Blatt	6 cm	10 — 6 cm
4. Internodium 14 cm lang		
7. Blatt	5 cm	5 — 4 cm
5. Internodium 16 cm lang		
8. Blatt	4 cm	4 — 3,7 cm

Mikroskopischer und mikrochemischer Befund.

Querschnitt:	Stärkegehalt:
Durch die Hauptwurzel	im Mark bedeutend, ziemlich in den Gefässbündeln
durch die Seitenwurzeln	ziemlich bedeutend im Markcentrum

Querschnitt:	Stärkegehalt:
durch den Stengel direkt epicotyl	ziemlich bedeutend im peripherischen Mark, ebenso in der sekundären Rinde und gegen die Gefässbündel
durch den Stengel zwischen dem 1. Internodium und der Wurzel	im peripherischen Mark bedeutend, weniger in der sekundären Rinde, doch deutlich in den Gefässbündeln
durch den Stengel des 1. Internodiums	ziemlich im peripherischen Mark
durch den Stengel des 2. Internodiums	wenig im peripherischen Mark
durch den Stengel des 3. Internodiums	verschwunden
durch den 1. Blattstiel	sichtbar in den Gefässbündeln und zwischen denselben
durch den 2. Blattstiel	sehr wenig zwischen den Gefässbündeln und der sekundären Rinde

V. Reihe (mit Lösung X).

Makroskopischer Befund.

Gesamtlänge des Stengels 20 cm

Hypocotyles Glied 5 cm lang

Hauptwurzel kränkelnd 8 cm lang
Seitenwurzeln nicht zahlreich und ebenfalls krank.

	Stiellänge:	Länge und Breite der Lamina:
1. und 2. Blatt, Primordialblätter	4 cm	7 — 6 cm
1. Internodium 3 cm lang		
3. Blatt	8 cm	10 — 5 cm
2. Internodium 5 cm lang		
4. Blatt	7 cm	9 — 4 cm
3. Internodium 4 cm lang		
5. Blatt noch nicht entwickelt.		

Mikroskopischer und mikrochemischer Befund.

Querschnitt:	Stärkegehalt:
Durch die Hauptwurzel	ziemlich im Markcentrum. in den Markstrahlen und in den Gefässbündeln
durch die Seitenwurzeln	ziemlich im Markcentrum
durch den Stengel direkt epicotyl	massenhaft im peripherischen Mark und in der Rinde
durch den Stengel zwischen dem 1. Internodium und der Wurzel	sehr viel im Markparenchym und in der Rinde
durch den Stengel des 1. Internodiums	wenig in den Gefässbündeln
durch den Blattstiel des 1. Blattes	sehr gering in der Rinde.

Zusammenfassung der Resultate von Phaseolus multiflorus.

Nach sieben Tagen wurden die Cotyledonen entfernt; der nährende Einfluss des Glycerins schien sich zu zeigen, indem der Inhalt der Cotyledonen in der II., III. und V., Reihe nicht so sehr verbraucht war, wie der der Cotyledonen der Versuchspflanzen ohne Glycerin. Dagegen zeigte sich beim spätern Wachstum, dass der Glycerinzusatz ein Zurückbleiben der Entwicklung der ganzen Pflanze hervorbrachte, denn die Kulturen ohne Glycerin wiesen grössere Dimensionen auf. Das Glycerin scheint also hier bei längerer Einwirkung nicht zuträglich zu sein, vielleicht infolge der Spaltpilzvegetation, welche sich nach mehreren Tagen unvermeidlich einstellt, auch bei täglichem Wechsel der Nährlösung. Hingegen wurde durch Glycerinzufuhr ein erhöhter Stärkegehalt der Pflanzen erzielt. Das Glycerin schien zur Stärkebildung verwendet worden zu sein.

Versuche mit Zea Mais.

Die Versuche mit Zea Mais wurden in einer denen mit Phaseolus multiflorus ganz ähnlichen Weise ausgeführt. Die Untersuchungen erstreckten sich auch hier auf die makroskopischen, mikroskopischen und mikrochemischen Verhältnisse der einzelnen Reihen.

Am 18. Mai wurden die Körner nach dreitägigem Quellen auf angefeuchtetes Filtrirpapier zur Keimung gebracht, und am 21. Mai wurden die Keimlinge in das mit Gaze überspannte Wassergefäss, und am 25. Mai, nachdem die Pflänzchen 3—4 cm lang geworden waren,

in je 500 ccm Wasser haltende Glasgefässe gebracht. Hievon wurden 10 Kulturen gezogen, welche wiederum ganz analog denen mit Phaseolus multiflorus in fünf Reihen geordnet waren, deren prozentischer Gehalt an mineralischer Substanz und an Glycerin genau derselbe war, wie bei den einzelnen Reihen der Kulturen von Phaseolus multiflorus.

Die Resultate der makroskopischen und mikrochemischen Untersuchungen sind in folgendem ausgeführt.

Einzeldarstellung der Resultate mit Zea Mais.

Befund am 13. Juni, nach 26 Tagen.

I. Reihe (mit Lösung V).

Makroskopischer Befund.

Höhe der Pflanze 18 cm
Hauptwurzel gesund 16 cm
Seitenwurzeln zahlreich und gesund
1. Blatt 9,3 cm lang
2. Blatt 15 cm lang.

Mikroskopischer und mikrochemischer Befund.

Querschnitt:	Stärkegehalt:
Durch die Hauptwurzel	kein
durch den Stengel zwischen Wurzel und 1. Internodium	bedeutend in den Markstrahlen und zwischen den Gefässbündeln
durch das 1. Internodium	kein.

II. Reihe (mit Lösung VI).

Makroskopischer Befund.

Höhe der Pflanze 12 cm
Hauptwurzel krank, 8 cm lang
Seitenwurzeln krank und nicht zahlreich
1. Blatt 7 cm lang
2. Blatt 10 cm lang.

Mikroskopischer und mikrochemischer Befund.

Querschnitt:	Stärkegehalt:
Durch die Wurzel	kein
durch die Stammesmitte	viel im centralen Mark, den Markstrahlen und den Gefässbündeln.

III. Reihe (mit Lösung VII).

Makroskopischer Befund.

Höhe der Pflanze 14 cm
Hauptwurzel sehr krank, 6,5 cm lang
Seitenwurzeln ebenfalls sehr krank
1. Blatt 4 cm lang
2. Blatt 6 cm lang.

Mikroskopischer und mikrochemischer Befund.

Querschnitt:	Stärkegehalt:
Durch die Hauptwurzel	wenig im Markcentrum nnd an der Peripherie des Markes
durch den Stengel, direkt epicotyl	massenhaft im Markcentrum, in den Gefässbündeln und in den Markstrahlen
durch die Stammesmitte	deutlich in den Gefässbündeln.

IV. Reihe (mit Lösung VIII).

Makroskopischer Befund.

Höhe der Pflanze 20 cm
Hauptwurzel gesund, 13 cm lang
Seitenwurzeln zahlreich und gesund.
1. Blatt 8 cm lang
2. Blatt 15 cm lang
3. Blatt 18 cm lang.

Mikroskopischer und mikrochemischer Befund.

Querschnitt:	Stärkegehalt:
Durch die Hauptwurzel	kein.
durch den Stengel direkt epicotyl	im peripherischen Mark ziemlich viel.

V. Reihe (mit Lösung X).

Makroskopischer Befund.

Höhe der Pflanze 17 cm
Hauptwurzel kränkelnd, 10 cm lang
Seitenwurzeln kränkelnd, doch ziemlich zahlreich.
1. Blatt 6 cm lang
2. Blatt 8 cm lang.

Mikroskopischer und mikrochemischer Befund.

Querschnitt:	Stärkegehalt:
Durch die Hauptwurzel	kein.
durch den Stengel epicotyl	Minimum in den Gefässbündeln
durch das 1. Internodium	kaum sichtbar in der Nähe der Gefässbündeln.

Zusammenfassung der Resultate von Zea Mais.

Auch bei Zea Mais scheint Glycerin für die Gesamtentwicklung hemmend, aber für den Stärkeansatz förderlich zu sein.

Versuche mit Algen.

Das hiezu nötige Material verschaffte ich mir aus den in der Umgegend von hier gelegenen Weihern. Das erste Erfordernis für diese Versuche war die Herstellung vollständig stärkefreier Chlorophyllapparate. Dies geschah in der Art, dass ich die Versuchspflanzen ins Dunkle setzte, wo sich nach längerem oder kürzerem Verweilen die Stärke auflöste und die Chlorophyllapparate stärkefrei wurden. Ferner musste zu diesen Versuchen lebenskräftiges Material benützt werden, da sonst bei dem unnatürlichen Verweilen der Pflanzen in Finsternis eine Veränderung am Chlorophyll hervortritt. Verweilen nämlich schlecht ernährte Spirogyren nur kurze Zeit im Finstern, so werden ihre Bänder schmäler und kürzer, sie werden unter Verlust ihrer welligen Ränder glattrandig und zerfallen später in Ballen.

Zum Nachweis der stattgehabten Stärkebilduug habe ich stets die Jodprobe benützt.

Ein bestimmtes Mass für die Grösse der Stärkebildung hat man nicht, man lernt aber sehr bald nach Grösse und Zahl der Körnchen ziemlich gut abschätzen. Die Versuche wurden mit entstärkten Spirogyren begonnen. Vor jedem Versuche wurden die (Spirogyren) Algen gründlich mit ausgekochtem destilliertem Wasser abgewaschen, um die ihnen etwa anhängenden Spaltpilze und die mit den Algen im Wasser gewachsenen

Infusorien zu entfernen, welche durch Kohlensäureproduktion die Versuche stören konnten.

Die Hauptversuche wurden folgendermassen angestellt: Die mit destilliertem Wasser mehrmals gewaschenen Algen wurden in Gläschen von 15 ccm Inhalt gebracht, welche Lösungen von Glycerin und mineralischen Substanzen enthielten. Die Gläschen wurden in kohlensäurefreien Raum 10 Stunden und länger gestellt und dem Lichte ausgesetzt.

Bei dem Hauptversuche war mit grösster Vorsicht darauf zu achten, dass keine Täuschung durch die niemals ganz auszuschliessende Kohlensäure herbeigeführt werde. Um diese Täuschung zu vermeiden, stellte ich neben dem eigentlichen Versuch einen Kontrolversuch auf, der mit Ausnahme des Glycerinzusatzes genau unter denselben Bedingungen stand wie der Hauptversuch.

Zur Beantwortung der Frage: welches sind die geeignetsten Concentrationen? wurden Fäden von Spirogyra majuscula, welche in ihren Chlorophyllapparaten reiche Stärkemengen enthielten, bei einer mittleren Temperatur von 18° C. in einem finstern Schrank gänzlich stärkeleer gemacht. Um die Entstärkung zu beschleunigen, wurde diesen Fäden eine 0,05 procentige Calciumnitrat- und 0,02 procentige Magnesiumsulfatlösung zugegeben. Nach zwei Tagen zeigten die nunmehr entstärkten Spirogyren noch normale Chlorophyllbänder, doch waren an einigen derselben die ersten Grade der Degradation des Chlorophylls (glatte Ränder der Bänder) zu sehen. Diese veränderten Fäden hiengen beim Herausnehmen aus dem Wasser

schlaff von der Pincette herunter, während die lebenskräftigen straff waren. Fäden der ersteren Art wurden von der Beobachtung ausgeschlossen.

Einige Dutzend normaler Fäden wurden in Glasgefässen, welche die Lösungen II bis IV enthielten, im kohlensäurefreien Raume aufgestellt. Daneben wurde ein Kontrolversuch mit Lösung I an freier Luft aufgestellt. Nach fünf Tagen, während welchen die Lösungen täglich erneuert wurden, ergaben die mit Jod und Überosmiumsäure angestellten Reaktionen folgende Resultate.

Hauptversuch:

Lösung II: deutlicher Stärkeansatz
Lösung III: viel Stärkeansatz
Lösung IV: massenhafter Stärkeansatz.

Die Fettreaktion mit Überosmiumsäure ergab im Hauptversuch:

Lösung II: viel Fetttropfen
Lösung III: ziemlich viel Fetttropfen
Lösung IV: sehr viel Fetttropfen.

Das Fett fand sich in Form schwarzer Tropfen im Plasma.

Ein gleicher Versuch, wie der vorhergehende, aber mit nur zweitägiger Ernährung wurde ebenfalls an Spirogyren am 13. Mai angestellt.

Hauptversuch:

Lösung II: viel Stärke
Lösung III: massenhaft Stärke
Lösung IV: sehr viel Stärke.

Dieses Resultat weicht vom vorhergehenden dadurch ab, dass in Lösung III mehr Stärke gefunden wurde als in Lösung IV.

Controlversuch:

sehr wenig Stärke.

Die Reaktion mit Überosmiumsäure ergab:

Lösung II: Fett

Lösung III: viel Fett

Lösung IV: sehr viel Fett.

Gleiche Versuche mit Oscallaria waren resultatlos.

Dieselben Versuche mit entstärkten Cladophorafäden ergaben ein negatives Resultat, da sich im Kontrolversuch mehr Stärke und mehr Fett nachweisen liess als im Hauptversuch.

Ein grosser Teil der Cladophorafäden starb ab.

Weitere Versuche wurden mit entstärkter Chara am 21. Mai angestellt, mit Lösung III und IV. Nach fünftägiger Ernährung zeigte der

Hauptversuch in Lösung III deutlich Stärke

„ „ Lösung IV viel Stärke.

Der Controlversuch: ein Minimum von Stärke.

Dieser Versuch mit Chara wurde wiederholt, ebenso wie der mit Cladophora, und es ergaben die Wiederholungen im gleichen Ernährungszeitraum ein gleiches Resultat.

Versuche mit entstärkter Zygnema ergaben ein positives Resultat nach fünftägiger Ernährung. In Lösung III und IV liess sich viel Stärke nachweisen, während der Controlversuch stärkefrei blieb.

Das Resultat und die Antwort auf die erste Frage lautet:

Die geeignetste Concentration ist bei längerer Ernährung entstärkter Algenzellen 0.2 % Glycerinzusatz, während bei kürzerer

Ernährung ein Glycerinzusatz von 0,5 % mehr Stärke erzeugt, als ein solcher von 0,2 %.

Die Beantwortung der zweiten Frage: Bei welcher Verdünnung ist noch ein ernährender Einfluss zu bemerken? wurde durch folgende Versuche ermöglicht: Vollständig entstärkte Spirogyrafäden wurden in die Lösungen XXIII, XXIV, XXV gebracht und im kohlensäurefreien Raum aufgestellt. Daneben stand an freier Luft ein Controlversuch. Nach 36 Stunden war das Resultat:

Lösung XXIII: Stärkeansatz noch sichtbar
Lösung XXIV: „ deutlich sichtbar
Lösung XXV: „ bedeutend.

Der Controlversuch enthielt keine Stärke. Die Antwort lautet: 0,001 % Glycerin scheint die unterste Grenze zu sein, bei welcher das Glycerin noch einen ernährenden Einfluss bewirkt.

Die dritte Frage: Bis zu welcher Concentration wird wässrige Glycerinlösung ertragen? fand ihre Lösung in folgenden Versuchen: Entstärkte Spirogyrafäden wurden in die Lösungen XXIX, XXX, XXXI und XXXII gebracht, und im kohlensäurefreien Raum aufgestellt. Auch hier stellte ich einen Controlversuch auf. Es ergab sich:

Hauptversuch:

Lösung XXIX: Stärkeansatz und intakte Fäden
Lösung XXX: Stärkeansatz, aber nicht mehr ganz intakte Fäden
Lösung XXXI: Fäden grösstenteils abgestorben
Lösung XXXII: Fäden vollständig abgestorben.

Controlversuch: Fäden intakt, keine Stärke.

Die Antwort lautet: Bei Spirogyren wird eine Concentration bis 1 % noch ohne Schaden ertragen.

Die vierte Frage: Nach welcher Zeit tritt Stärke, beziehungsweise Fett oder ein sonstiges organisches Produkt in den Zellen auf? fand ihre Lösung dadurch, dass ich vollständig entstärkte Spirogyrafäden morgens 9 Uhr bei heiterem Himmel in die Lösung III brachte und nebenbei einen Controlversuch aufstellte.

Der Hauptversuch zeigte:

Nach 15 Minuten keine Stärke,
„ 30 „ „ „
„ 60 „ „ „
„ 2 Stunden „ „
„ 2½ Stunden unverkennbare Neubildung von Stärke.

Der Controlversuch zeigte nur zweifelhafte Spuren von Stärke.

Um die fünfte Frage: Hat Kalium An- oder Abwesenheit irgend einen Einfluss auf die Umwandlung des Glycerins in Stärke? beantworten zu können, wurden Versuche mit Spirogyren in den Lösungen XIX, XX, XXI, XXII angestellt.

Die Untersuchung ergab:

nach 9 Stunden in Lösung XX: Stärkeansatz
„ 3 Tagen „ „ XIX: deutlicher Stärkeansatz
„ 3 „ „ „ XX: sehr viel Stärke

nach 3 Tagen in Lösung XXII: beginnende Stärkebildung

„ 3 „ „ „ XXI: deutliche Stärkebildung.

Diese Resultate, welche an vier auf einander folgenden Versuchsreihen übereinstimmend erhalten wurden, beweisen auf das Bestimmteste, dass Kaliumanwesenheit die Stärkebildung aus Glycerin begünstigt.

Um zu erfahren, ob Spirogyren im Dunkeln aus Glycerin Stärke bilden können, wurden Proben mit entstärkten Fäden in die Lösungen XIX, XX, XXI und XXII gebracht. Die Untersuchung nach drei Tagen stellte fest, dass in keinem der in den verschiedenen Lösungen gelegenen Fäden Stärke sich vorfand.

Meine von A. Meyer und E. Laurent abweichenden Resultate erklären sich aus der Verschiedenheit der Glycerinlösungen. A. Meyer verwendete 1prozentige Glycerinlösungen und erhielt damit nach 20 Tagen Stärkeansatz; E. Laurent erhielt mit 10 % Glycerinlösung Stärkebildung im Dunkeln. Ich verwandte Glylerinlösung von 0,001 % bis 10 % und liess die Pflanzen bei Lichtzutritt in der oben beschriebenen Weise arbeiten. So erhielt ich mit Spirogyren in sehr verdünnten Glycerinlösungen nach $2^1/_2$ Stunden deutliche Stärkebildung.

Versuche an phanerogamen, submersen Wasserpflanzen wie Elodea und Callitriche ergaben teils ein negatives, teils überhaupt kein Resultat, weshalb diese Versuche nicht fortgesetzt wurden.

Die Untersuchungen zu vorstehender Arbeit wurden im kgl. botanischen Institut der Friedrich-Alexanders-Universität zu Erlangen unter Leitung des Herrn Professor Dr. M. REESS ausgeführt.

Es ist mir ein Bedürfnis, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. M. REESS, sowie Herrn Privatdocent Dr. TH. BOKORNY für die Anregung und freundlich gewährten Ratschläge auch an dieser Stelle meinen ehrerbietigen Dank auszusprechen.

ERLANGEN, im Februar 1893.

EUGEN ASSFAHL.